

こども園の室内における温湿度および二酸化炭素濃度

The temperature, humidity and carbon dioxide concentration indoors in centers
for early childhood education and care.

高橋 ゆかり

TAKAHASHI Yukari

富山市内のこども園、保育園において、季節ごとに保育室内の温度、湿度および二酸化炭素濃度を測定した。この結果、特に夏季と冬季などで冷暖房を使用した場合や、春季や秋季であっても雨天時に一日中窓を閉めて過ごした場合、二酸化炭素濃度が学校環境衛生基準における基準値の 1500ppm を上回るケースが何度もあった。部屋の使用人数や換気状況によっては二酸化炭素濃度が 4000ppm を超えることもあった。このため、特に冷暖房を使用している保育室では意識して換気を行っていくことが大切であると考えられた。特に夏季や冬季において、換気が不十分な日も見られた。園児たちが別室で過ごす時間帯などには窓やドアを開けて自然換気をするなどの工夫が必要であると考えられた。

キーワード： こども園、保育園、二酸化炭素濃度、温湿度、学校環境衛生

1. はじめに

ヒトは数分間呼吸を止めただけでも生きることができないため、周囲の空気を呼吸によって体内に取り込む。また、ヒトは一日の大半を室内で過ごすことから、室内空気が清浄であることは、ヒトの健康維持のために重要である。現代の日本の建築物は気密性が高く、換気回数は従来の日本家屋と比較して少ない。このため、もし室内空気が汚染された場合、その空気を長時間呼吸によって体内に取り込み続けることになり、健康への影響が懸念される。

大気中には、約 400ppm の濃度で二酸化炭素が含まれていることが知られている。また、幼児は呼吸によって 1 時間あたり一人 11 L 程度の二酸化炭素を呼吸によって排出する [1]。室内では、ヒトの呼気からのほか、燃焼器具からも二酸化炭素が発生することが知られている。

一方、高濃度の二酸化炭素を吸入した場合、めまい、頭痛、血圧上昇、心拍数増加などを引き起こす [1]。日本産業衛生学会は労働者が一日 8 時間、週 40 時間程度、激しくない労働強度で二酸化炭素に曝露される場合、平均曝露濃度が 5000ppm であれば、ほとんどすべての労働者に健康上悪い影響が見られないとし、二酸化炭素の許容濃度を 5000ppm と定め

ている [2]。しかし、幼児の場合、身体機能が未発達であるため、成人よりも環境汚染物質に対する感受性が高い可能性がある。

また、教室内の空気は、学校保健安全法（文部科学省）によって学校環境衛生基準が定められており、二酸化炭素濃度については、維持されることが望ましい基準として 1500ppm が推奨値とされている [3]。幼保連携型こども園の場合、内閣府による幼保連携型認定こども園教育・保育要領によると、学校保健安全法第6条の学校環境衛生基準に基づき、こども園の適切な環境維持に努めることが定められている [4]。

さらに、室内二酸化炭素濃度は換気の指標となりうることから、室内二酸化炭素濃度が高い場合には、室内に発生源のある化学物質の濃度も高濃度である可能性がある。このため、室内の二酸化炭素濃度を測定することは、室内空気の清浄度を簡便かつ低コストに予測するものであると考えられる。近年、幼児のアレルギー疾患が近年問題視されており、室内空気由来のアレルゲンも存在することから、室内空気をモニターすることは重要であると考えられる。

そこで、本研究では、保育室室内の二酸化炭素濃度の実態を知ることが目的として、幼保連携型こども園および保育園の保育室内の二酸化炭素濃度を季節ごとに測定した。また、快適環境の指標の一指標となる温湿度も同時に測定した。

2. 調査対象保育施設と測定の概要

測定対象は富山市内の平野部に位置するこども園または保育園とした。保育時間はおおむね午前8時30分ごろから午後5時ごろであるが、保育室によっては延長保育のために朝7時から午後7時または8時ごろまで使用されていた。

こども園（保育園を含む）での測定は、春季（2017年4月25～28日、2017年5月22日～25日）、夏季（2017年7月18～21日、2017年7月24日～27日）、秋季（2017年10月24～27日、2017年10月30日～11月2日）、冬季（2018年2月20～23日、2018年2月27日～3月1日）に実施した。

二酸化炭素濃度及び温湿度の測定には、SDカードデータロガデジタル温湿度・CO₂計（マザーツール製）を使用した。測定器は、本体とCO₂プローブで構成されており、これをこども園の2歳児保育室または4歳児

表1 使用したデータロガの測定範囲、分解能および確度

測定対象	温度、湿度、CO ₂		
	測定範囲	分可能	確度
温度	0～50℃	0.1℃	±0.8℃
湿度	10～90%RH	0.1%RH	±(4%rdg+1%RH):70%RH以上 ±(4%rdg):70%RH未満
CO ₂	0～4000ppm	1ppm	±40ppm (1000ppm以下) ±5%rdg (1001～3000ppm) ±250ppm (3001ppm以上)

保育室に設置した。なお、この装置の測定範囲、分解能、確度を表1に示した。データの測定は5秒ごとに自動で行われ、得られたデータは本体に挿入してあるSDカードに保存された。園児の鼻の高さと大体同じになることと、保育の邪魔にならないよう室内の床上約80cm程度の棚の上に設置した。

さらにこれらの測定に加え、部屋の使用状況や一日の活動についてのアンケート調査を実施した。

3. 結果と考察

3.1. 室温の特性

春季の室温の測定結果を図1に、夏季の結果を図2に、秋季の結果を図3に、冬季の結果を図4に示した。春季の室温は16.7～30℃、夏季の室温は25.7～31.4℃、秋季は16.9～25.3℃、冬季は16.9～25.3℃、冬季は4.8～38.4℃の範囲内にあった。学校環境衛生基準では、室温の望ましい値を10℃以上30℃以下と定めており、本研究における測定結果は、一時的に高温になった場合と冬季の朝、部屋の使用開始前以外はおおむねこの範囲内にあった。また、春季、夏季、秋季は一日の中での温度の変動はあまり大きくなかった。冬季は、部屋の使用開始とともに暖房を入れることにより、室温が上昇し、換気の際には低温の外気が流れ込むことにより、温度の変動が大きかった。部屋を使用している際の温度は、他の季節と比較して、部屋による差が最も大きかった。また、2/27の午後にはA園の室内で温度が高くなった時間帯が見られた。

3.2. 室内相対湿度の特性

春季の相対湿度の測定結果を図5に、夏季の結果を図6に、秋季の結果を図7に、冬季の結果を図8に示した。学校環境衛生基準では、相対湿度は30%以上80%以下であることが望ましい、とされている。本研究の測定結果では、ほとんどの場合、相対湿度はこの範囲内であったが、若干、30%を下回るケースも見られた。冬季は部屋での暖房の使用開始に伴って相対湿度が下がった日もあった。また、2017年4月28日のB園における相対湿度も30%前後であったが、気象庁による過去の気象データ [5]と比較すると、この日は大気の相対湿度も30%程度であったことから、外気の影響を受けた結果、相対湿度が低くなったものと考えられた。

柳らは、個別方式空調機内における温湿度環境とカビの増殖特性について検討した結果、相対湿度70%に保たれる時間の累積出現頻度が30%を超えるとカビの生育が早くなり、相対湿度が上昇するほど生育速度が速いことを報告している [6]。図6より、7/24～7/27にお

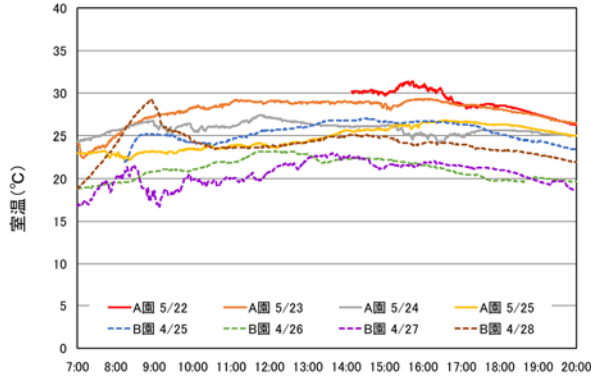


図1 室温の測定結果(春季)

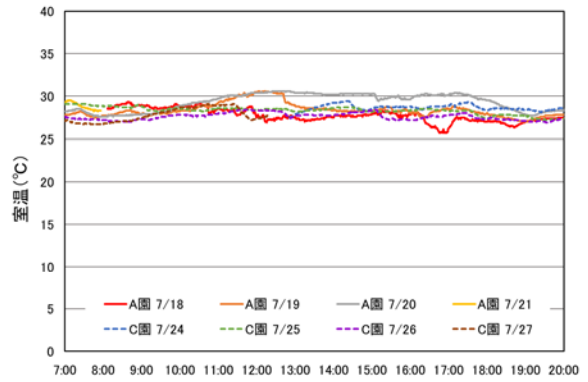


図2 室温の測定結果(夏季)

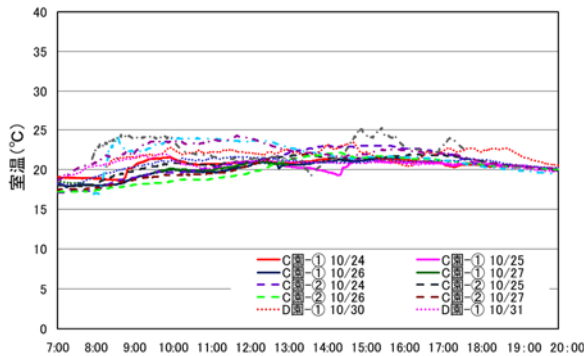


図3 室温の測定結果(秋季)

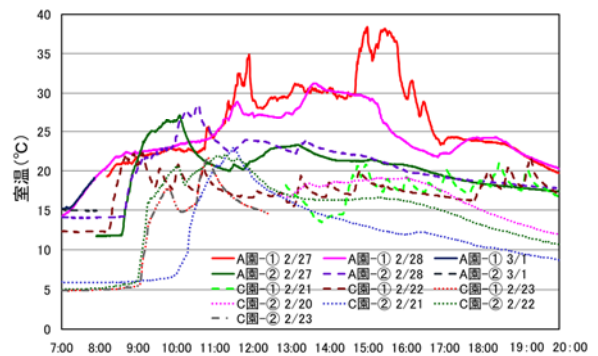


図4 室温の測定結果(冬季)

る C 園での相対湿度が 70% を超えていた。7/18~27 までの気象庁データも、7/24~7/27

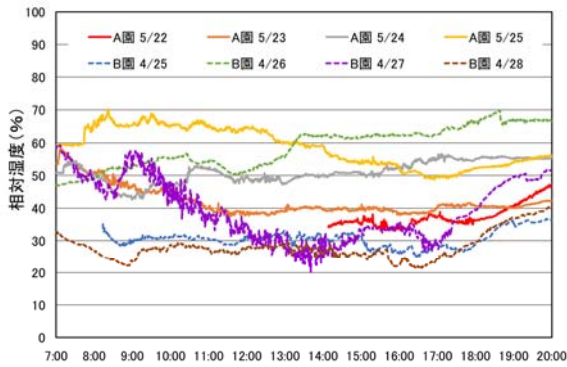


図5 相対湿度の測定結果(春季)

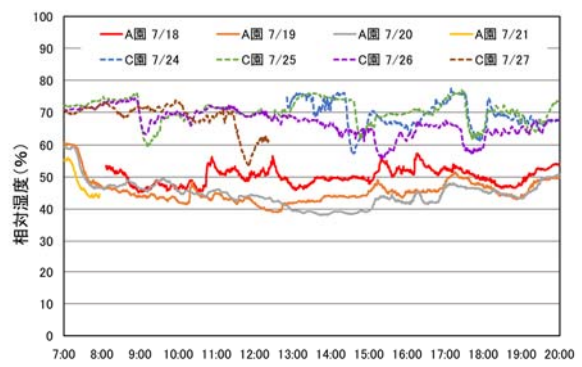


図6 相対湿度の測定結果(夏季)

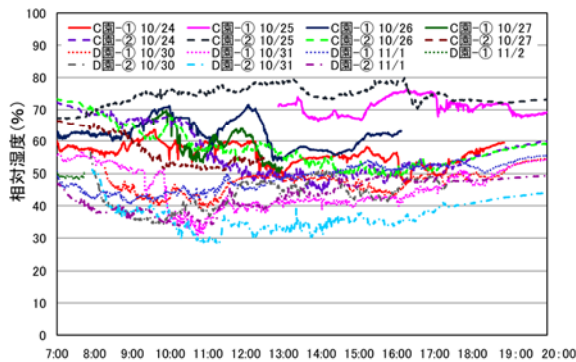


図7 相対湿度の測定結果(秋季)

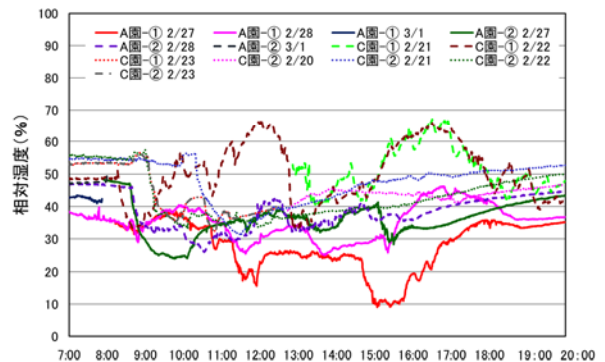


図8 相対湿度の測定結果(冬季)

は大気中の湿度が 7/18～21 と比較して高い傾向にあったことから、A 園、C 園とも大気湿度の影響を受けたものと考えられた [5]。梅雨の時期は湿度が高くなる日もあり、カビが増殖しやすい環境にあるという結果となった。

3.3. 室内二酸化炭素濃度

春季の二酸化炭素濃度の測定結果を図 9 に示した。これより、二酸化炭素濃度は、4/26 以外は 1000ppm 以下であることがほとんどであったことがわかる。この季節は窓を開放していることが多いと考えられるため、頻繁に換気されていることが分かった。B 園においては、延長保育のために保育室が使用されたため、18 時以降に若干二酸化炭素濃度が上昇したものの、使用人数が限られていたと考えられるため、それほど大きな上昇は見られなかった。一方、4/26 の B 園における二酸化炭素濃度は、他の日と比較して高く、最大で約 1900ppm であった。この日は天候が雨であったことから、窓を閉めて過ごしていたものと考えられた。

夏季の二酸化炭素濃度の測定結果を図 10 に示した。7/19 の A 園では、二酸化炭素濃度の最高濃度が 2000ppm を超え、7/24 および 7/26 の C 園では最高濃度が約 2500～2700ppm であった。データ数が少ないため、はっきりしたことは言えないものの、春季と秋季は窓を頻繁に開放する日が多く、換気が十分になされている日が多いが、夏季と冬季は冷暖房を使用するため、窓を開放する時間が春季や秋季と比較して短くなり、この結果、二酸化炭素濃度も高くなることがあると考えられた。

学校環境衛生基準で定められている二酸化炭素濃度の管理基準 1500ppm は毒性指標ではなく、換気の基準として望ましい値である。したがって、1500ppm を超えたからといってすぐに健康被害が生じるわけではない。しかし、換気が不十分であることにより、病原菌が存在した場合、感染するリスクが上昇する可能性がある。多くの子どもたちが集まる場において集団感染の防止のためにも換気量の確保は重要であると考えられる。

秋季の二酸化炭素濃度の測定結果を図 11 に示した。C 園では 10/25 の午前 8 時 50 分頃から二酸化炭素濃度が 2000ppm を超え、午前 9 時 10 分頃からは 2500ppm を超え、2500ppm を超えた状態が午後 4 時 20 分ごろまで続いた。特に、午後 1 時 10 分ごろには一日の最高濃度である 4500ppm を超えた。このような高濃度を示したのは 1 日だけであり、他の日と明らかに異なる濃度を示したことから、原因については詳細な検討が必要であるものの、窓をほとんど締め切って過ごしていたことや換気扇を使用していないことなども一因であると考えられた。特にこの日は雨が降っていたことも、換気時間が少なくなった要因であると考えられた。

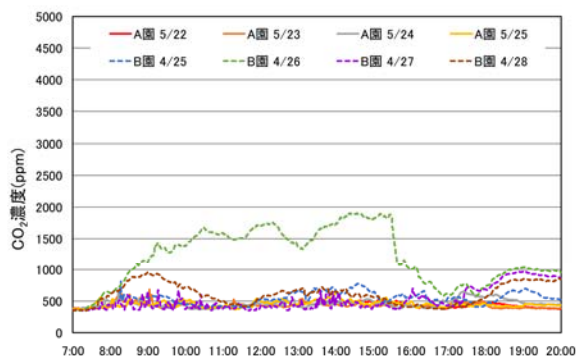


図9 二酸化炭素濃度の測定結果(春季)

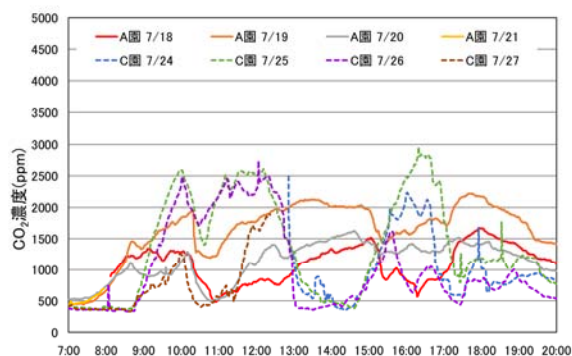


図10 二酸化炭素濃度の測定結果(夏季)

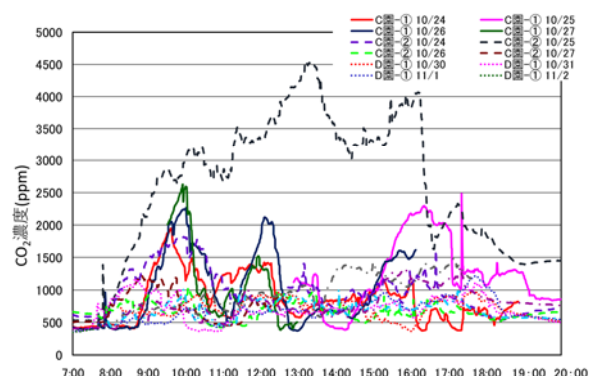


図11 二酸化炭素濃度の測定結果(秋季)

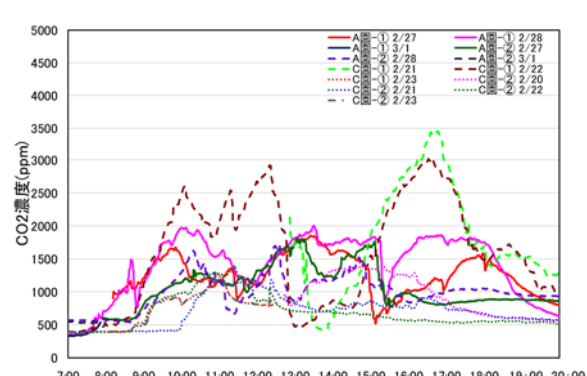


図12 二酸化炭素濃度の測定結果(冬季)

冬季の二酸化炭素濃度の測定結果を図12に示した。これより、夏季と同様、冬季も室内の二酸化炭素濃度が比較的高くなる傾向がみられ、1500ppmを超える時間数が多かった。冬季は気温が低いため、部屋を閉め切った状態で暖房を使用する時間が長いことなどが原因として考えられた。二酸化炭素濃度の変動から時々換気をしていることが伺われるが、二酸化炭素濃度が2500ppmを超えるような比較的高濃度の状態にあったときには、短時間の換気では換気が十分には行われず、換気直後であっても二酸化炭素濃度が1500ppmを超えていることがあるため、換気を行う際には十分に空気が入れ替わるように工夫することも大切であると考えられた。

以上の結果より、冷暖房がなくても過ごしやすい春季や秋季は頻繁に窓を開放するため、十分な換気がなされていることが多いと考えられたが、雨天時などは、窓を閉め切って過ごし、換気が不十分になる日もあった。夏季や冬季は部屋を閉め切って冷暖房を使用するために換気時間が短くなる部屋もあり、ほとんど窓を開けずに過ごしていた部屋では、室内の二酸化炭素濃度が高くなる傾向がみられた。また、昼間、室内の二酸化炭素濃度が高くなっても、夜間のうちに自然換気により室内二酸化炭素濃度は屋外と同程度になることも確認できた。

Mendellらは、大学生を対象に実験を行った結果、空気中の二酸化炭素濃度が2500ppmを超えると、意思決定などに支障をきたしたと報告している [7]。乳幼児は、身体が未発達であることから、環境中の化学物質等に対する感受性が成人よりも高い可能性がある。この

ため、こども園においても夏季や冬季であっても室内の二酸化炭素濃度が高濃度になりすぎないように、部屋の使用時には換気扇や窓や扉の開放などによる換気を行うことが大切であると考えられた。

4. おわりに

富山市内のこども園（保育園を含む）において、季節ごとに保育室内の二酸化炭素濃度を測定した結果、特に夏季と冬季などで冷暖房を使用した場合や、春季や秋季であっても雨天時に一日中窓を閉めて過ごした場合、二酸化炭素濃度が学校環境衛生基準における基準値の1500ppmを上回ることがあった。部屋の使用人数や換気状況によっては二酸化炭素濃度が4000ppmを超えることもあった。濃度と高濃度であった時間数を考え合わせると、すぐに健康に影響を及ぼす濃度ではないかもしれないが、長時間吸い続けた場合の幼児の健康影響が心配されるため、冷暖房を使用している保育室では意識して窓の開放や換気扇による換気を行っていくことが大切であると考えられた。

5. 参考文献

- [1] 一般社団法人室内環境学会（編）関根嘉香（監修），“まいの化学物質 リスクとベネフィット” 東京電機大学出版局，（2015）.
- [2] 日本産業衛生学会，“許容濃度等の勧告（2017年度）” 産業衛生学会誌，59(5) (2017) pp. 153-185.
- [3] 文部科学省．“学校環境衛生基準．” 文部科学省告示第60号（2009）.
- [4] 内閣府．“幼保連携型認定こども園教育・保育要領．” 平成26年内閣府・文部科学省・厚生労働省告示第1号（2014）.
- [5] 気象庁．過去の気象データ検索．(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)
- [6] 柳宇、鍵直樹、大澤元毅、池田耕一．“個別方式空調機内におけるカビ増殖特性に関する研究．” 空気調和・衛生工学会論文集，218（2015），pp.31-38.
- [7] W. F. Mark Mendell, “Elevated Indoor Carbon Dioxide Impairs Decision-Making Performance,” Julie Chao,(2012), pp. 486-6491.
- [8] 柳宇、池田耕一．“空調システムにおける微生物汚染の実態と対策に関する研究．” 日本建築学会環境系論文集，593(2005), pp.49-56.

【謝辞】 本研究はJSPS 科研費 JP15K00616 の助成を受けた研究の一環として行われました。調査にご協力いただいたこども園、保育園の皆様に深く感謝申し上げます。